

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-36484

(P2000-36484A)

(43)公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 L 21/3065

識別記号

F I

H 01 L 21/302

テマコード(参考)

F 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 7 FD (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-170657  
(22)出願日 平成10年6月2日(1998.6.2)  
(31)優先権主張番号 特願平10-146572  
(32)優先日 平成10年5月11日(1998.5.11)  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000219967  
東京エレクトロン株式会社  
東京都港区赤坂5丁目3番6号  
(72)発明者 清水 隆吉  
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内  
(72)発明者 上土居 劍  
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内  
(74)代理人 100095957  
弁理士 魏谷 美明 (外2名)

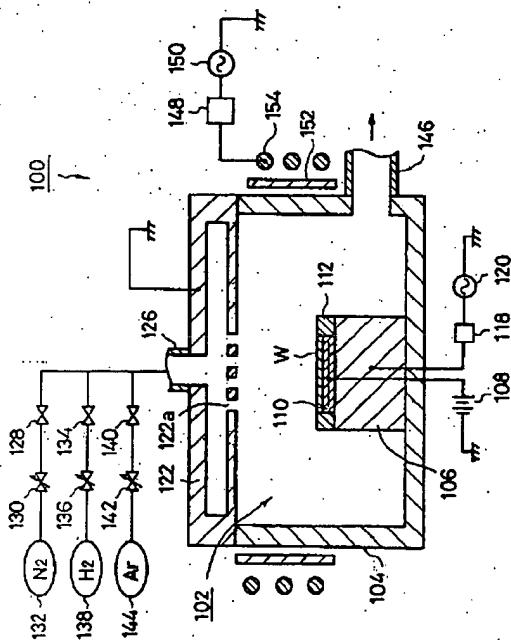
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理方法

(57)【要約】

【課題】 有機系低誘電率材料膜層に所定形状のエッチング加工を施すことが可能なプラズマ処理方法を提供する。

【解決手段】 エッチング装置100の処理室102内に配置された下部電極106上にウェハWを載置し、ウェハWの温度を-30°C~30°Cに維持する。処理室102内に流量比(Ar/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+Ar))が0.7~0.8のN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArの混合ガスから成る処理ガスを導入し、処理室102内の圧力雰囲気を5mTorr~15mTorrに設定する。コイル154および下部電極106にそれぞれ13.56MHzで1000W~2500Wと、13.56MHzで500W~1000Wの高周波電力を印加する。処理室102内で生成されたプラズマにより、ウェハWの有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜層に所定形状のコンタクトホールが形成される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された有機系低誘電率材料膜層に対してエッチング処理を施すプラズマ処理方法において、前記処理ガスは、少なくとも窒素原子含有気体と水素原子含有気体との混合ガスであることを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項2】 前記窒素原子含有気体は、N<sub>2</sub>であり；前記水素原子含有気体は、H<sub>2</sub>であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】 前記混合ガスの前記N<sub>2</sub>と前記H<sub>2</sub>との流量比(H<sub>2</sub>/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>))は、実質的に0.2～0.9に設定されることを特徴とする、請求項2に記載のプラズマ処理方法。

【請求項4】 前記混合ガスには、Arが添加されることを特徴とする、請求項2または3のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項5】 前記混合ガスには、Arが添加され；前記N<sub>2</sub>と前記H<sub>2</sub>と前記Arとの流量比(Ar/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+Ar))は、実質的に0.7～0.8に設定されることを特徴とする、請求項2に記載のプラズマ処理方法。

【請求項6】 前記有機系低誘電率材料膜層は、前記被処理体に形成されたシリコン膜層上に形成されることを特徴とする、請求項2、3、4または5のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項7】 前記有機系低誘電率材料膜層は、ポリオルガノシロキサン架橋ビスベンゾシクロブテンから成り；前記混合ガスには、O<sub>2</sub>とCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>とが添加されることを特徴とする、請求項2に記載のプラズマ処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理方法にかかり、特に有機系低誘電率材料膜層のエッチング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近、半導体装置の超微細化および超高集積化傾向に伴い、配線遅延が半導体デバイス全体の信号遅延の大きな要因となり始めている。この問題を解消するため、配線容量を軽減するべく、従来より用いられているSiO<sub>2</sub>(比誘電率4.1)に代えて、比誘電率が実質的に3.5以下の低誘電率材料(Low-k材料)，特に絶縁膜の形成性や取り扱い性の観点から、有機系低誘電率材料を採用する技術が提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜に対して、従来のSiO<sub>2</sub>膜のエッチング処理で使用されているCF系ガスなどの処理ガスを用いて処理を施すと、高精度のエッ

チング加工を施すことが難しいという問題がある。すなわち、例えばCF系ガスを用いて上記層間絶縁膜にコンタクトホールを形成すると、コンタクトホールの開孔幅がエッチングマスクのパターン幅よりも小さくなるいわゆるアンダカットや、コンタクトホールの内部側壁面が凹に湾曲するいわゆるボーリングが生じ、所定形状のコンタクトホールを形成することが困難である。

【0004】本発明は、従来の技術が有する上記のような問題点に鑑みて成されたものであり、有機系低誘電率材料膜層に所定形状のエッチング加工を、エッチングレートが低下することなく施すことが可能な、新規かつ改良されたプラズマ処理方法を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明によれば、請求項1に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された有機系低誘電率材料膜層に対してエッチング処理を施すプラズマ処理方法において、

10 材料膜層に所定形状のエッチング加工を、エッチングレートが低下することなく施すことが可能な、新規かつ改良されたプラズマ処理方法を提供することを目的としている。

【0006】かかる構成によれば、少なくとも窒素原子含有気体と水素原子含有気体との混合ガスから成る処理ガスで有機系低誘電率材料膜層にエッチング処理を施すので、エッチングの異方性を高めることができる。その結果、例えば有機系低誘電率材料膜層にコンタクトホールを形成する場合には、そのコンタクトホールがボーリング形状になり難くなるため、所定形状のコンタクトホールを確実に形成することができる。また、上記処理ガスを採用すれば、有機系低誘電率材料膜層上に形成されるエッチングマスクに対する選択比を高めることができ

20 るため、コンタクトホール形成時のアンダカットの発生を抑制することができる。さらに、該エッチング処理を行えば、従来の処理ガスによりエッチング処理を施した場合のエッチングレートと同様の高いエッチングレートで処理を行うことができる。

【0007】また、例えば請求項2に記載の発明のよう

40 に、上記窒素原子含有気体としてN<sub>2</sub>を採用してもよく、さらに上記水素原子含有気体としてH<sub>2</sub>を採用しても良い。このように、処理ガスの構成ガスとして、N<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>を採用すれば、取り扱い性が容易であると共に、大気中に放出されても地球の温暖化の原因となり難い。さらに、それらN<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>は、安価であるため、本発明にかかる処理ガスを採用しても、処理コストが上昇することがない。

【0008】また、混合ガスのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>との流量比(H<sub>2</sub>/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>))を、例えば請求項3に記載の発明のように、実質的に0.2～0.9に設定すれば、有機系低誘電率材料膜層に所定形状のエッチング加工を施すこ

50

とができる。

【0009】また、上記混合ガスに、例えば請求項4に記載の発明のように、Arを添加すれば、エッチング条件を容易に制御できるため、形状制御を容易に行うことができる。

【0010】さらに、例えば請求項5に記載の発明のように、混合ガスにArを添加し、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArとの流量比(Ar/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+Ar))を実質的に0.7～0.8に設定すれば、有機系低誘電率材料膜層に所定形状のエッチング加工をさらに容易に施すことができる。

【0011】また、上記混合ガスには、O<sub>2</sub>が添加されていないので、例えば請求項6に記載の発明のように、有機系低誘電率材料膜層が被処理体に形成されたCu膜層上に直接、または薄い密着層のみを配して形成されていても、エッチング中にCu膜層が酸化することができない。すなわち、O<sub>2</sub>が添加されている処理ガスで、Cu膜層上に形成されている有機系低誘電率材料膜層にエッチング処理を施すと、上記Cu膜層がO<sub>2</sub>によって酸化され、除去が困難なCu酸化膜が形成される。従って、かかる場合には、該Cu膜層上にSiNx膜層などの酸化防止膜、またはその酸化防止膜と同等の役割を持たせるために相対的に厚くした密着層を形成する必要がある。しかし、本発明にかかる処理ガスには、上述の如くO<sub>2</sub>が添加されていないので、上記Cu酸化膜が形成されることなく、Cu膜層上に層間絶縁膜などの有機系低誘電率材料膜層を直接、または薄い密着層のみで形成できる。その結果、上記酸化防止膜を形成する工程を省略することができると共に、被処理体、例えば半導体デバイスの厚みも相対的に薄くすることができる。

【0012】また、例えば請求項7に記載の発明のように、有機系低誘電率材料膜層がポリオルガノシロキサン架橋ビスベンゾクロロブテン(以下、「BCB」と称する。)から形成されている場合に、上記混合ガスにO<sub>2</sub>とCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>とを添加すれば、上記BCBには、Si-O結合が存在するため、従来のSiO<sub>2</sub>膜層に対するエッチングと同等のエッチングレートで処理を施すことができる。

### 【0013】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるプラズマ処理方法をエッチング方法に適用した実施の一形態について詳細に説明する。

#### 【0014】(1) エッチング装置の全体構成

まず、図1を参照しながら、本実施の形態のエッチング方法が適用されるエッチング装置100について説明する。エッチング装置100の処理室102は、アルミニウム製の処理容器104内に形成されている。処理室102内には、被処理体、例えば後述する半導体ウェハ(以下、「ウェハ」と称する。)Wの載置台を兼ねた導電性の下部電極106が配置されている。この下部電極106上には、高圧直流電源108に接続された静電チャック

ク110が設けられており、上記ウェハWは、この静電チャック110によって吸着保持される。さらに、静電チャック110の周囲には、絶縁性のフォーカスリング112が配置されている。また、下部電極106には、整合器118を介してバイアス用高周波電力を供給する高周波電源120が接続されている。

【0015】また、下部電極106の載置面と対向する位置には、複数のガス吐出孔122aを備え、接地されたガス供給部122が設けられている。さらに、ガス吐出孔122aには、ガス供給管126が接続されている。このガス供給管126には、バルブ128および流量調整バルブ(マスフローコントローラ)130を介してガス供給源132と、バルブ134および流量調整バルブ136を介してガス供給源138と、バルブ140および流量調整バルブ142を介してガス供給源144が各々接続されている。従って、図示の例では、ガス供給源132から供給されるN<sub>2</sub>と、ガス供給源138から供給されるH<sub>2</sub>と、ガス供給源144から供給されるArの混合ガスから成る本実施の形態にかかる処理ガスが、ガス吐出孔122aを介して処理室102内に均一に導入される。なお、本実施の形態にかかる処理ガスの詳細な説明については、後述する。

【0016】また、処理室102内のガスは、処理容器104内に接続された排気管146を介して、排気管146に接続された不図示の排気機構の作動により処理室102外に排気される。また、処理容器104の外部には、導電体から成る静電シールド152を介してコイル154が配置されている。さらに、そのコイル154には、整合器148を介してプラズマ生成用高周波電力を供給する高周波電源150が接続されている。

#### 【0017】(2) ウェハの構成

次に、本実施の形態にかかるエッチング方法によりエッチング処理を施すウェハWの構成について説明する。本実施の形態で使用するウェハWは、ポリシリコン膜層上やCu膜層上にエッチング対象である層間絶縁膜が形成されている。この層間絶縁膜は、比誘電率が従来のSiO<sub>2</sub>よりも非常に小さい、例えば上記BCBや、F-P AE(ポリフッ化ビフェニルとグリコールとの共重合体であるフッ素化ポリアリルエーテル)や、CとFとを含有する樹脂や、DowChemical社製のSILK(商品名)や、CとHとを含有する樹脂などの有機系低誘電率材料から構成されている。また、層間絶縁膜上には、所定のパターンを有するエッチングマスクが形成されており、本実施の形態では、SiO<sub>2</sub>膜層とフォトレジスト膜層から成るマスクが採用されている。

#### 【0018】(3) エッチング工程

次に、上述したエッチング装置100を用いて、本実施の形態にかかるエッチング方法によりウェハWにコンタクトホールを形成する場合のエッチング工程について説明する。まず、予め所定温度に調整された下部電極106

6上にウェハWを載置し、該ウェハWの温度を実質的に $-30^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ に維持する。次いで、本実施の形態にかかる処理ガス、すなわちN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArの混合ガスを、ガス供給管126に介装された流量調整バルブ130, 136, 146により上記各ガス流量を調整しながら処理室102内に導入する。この際、それらN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArの流量比(Ar/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+Ar))は、実質的に0.7~0.8に設定し、さらにN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の流量比(H<sub>2</sub>/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>))は、実質的に0.2~0.9に設定する。同時に、処理室104内の圧力雰囲気が実質的に5mTorr~15mTorrになるように、処理室104内を真空引きする。

【0019】次いで、コイル154に、例えば周波数が13.56MHzで、電力が実質的に1000W~2500Wの高周波電力を印加し、下部電極106に対し、例えば周波数が13.56MHzで、電力が500W~1000Wの高周波電力を印加する。これにより、処理室102内に高密度プラズマが生成され、かかるプラズマによってウェハWの有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜に、所定形状のコンタクトホールが形成される。

【0020】本実施の形態は、以上のように構成されており、処理ガスとして窒素原子含有気体であるN<sub>2</sub>と水素原子含有気体であるH<sub>2</sub>の混合ガスを使用するので、従来のCF系ガスなどの処理ガスよりも、いわゆる異方性を高めることができる。その結果、有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜にボーリングが生じ難くなり、所望の形態のコンタクトホールを形成することができる。また、上記処理ガスを採用したので、マスクを構成するフォトレジスト膜層に対する選択比を高めることができ、アンダカットの発生も抑制することができる。

【0021】さらに、本実施の形態では、処理ガス中にArを添加するので、上記プラズマの状態を確実に調整することができ、コンタクトホールの形状制御を容易に制御することができる。また、本実施の形態にかかる処理ガスを採用しても、従来の如くCF系ガスから成る処理ガスを用いてSiO<sub>2</sub>膜層にエッティング処理を施す場合と同等のエッティングレートを確保することができる。さらに、本実施の形態にかかる処理ガスを採用すれば、上記層間絶縁膜層に対するエッティング処理と同時に、マスクを構成するフォトレジスト膜層のアッシングも同時に行うため、処理工数を削減することもできる。

【0022】

【実施例】次に、図2~図14を参照しながら本発明にかかるプラズマ処理方法の実施例について説明する。なお、後述する実施例1~実施例6は、上記実施の形態で

説明したエッティング装置100を用いて、ウェハWのCとFとを含有する樹脂から成る層間絶縁膜にコンタクトホールを形成したものなので、上記エッティング装置100およびウェハWと略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。また、実施例7は、後述するエッティング装置200で上記ウェハWにコンタクトホールを形成したものであり、上記エッティング装置100と略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより、上記と同様に重複説明を省略する。また、エッティングプロセス条件は、以下で特に示さない限り、上述した実施の形態と略同一に設定されている。

【0023】(A) 実施例1 (N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の流量変化)

まず、図2を参照しながら、処理ガスを構成するN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の流量を変化させた場合の実施例1について説明する。始めに、処理ガスの流量について説明すると、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の流量は、それぞれN<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>=50:0 (scm), N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>=40:10 (scm), N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>=25:25 (scm), N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>=15:35 (scm), N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>=0:50 (scm)に設定し、またその処理ガスに添加するArの流量は、50scmに固定した。また、処理室102内の圧力雰囲気は、5mTorrに設定し、ウェハWの温度は、 $-30^{\circ}\text{C}$ に設定した。さらに、コイル154には、13.56MHzで500Wの高周波電力を印加し、また下部電極106には、13.56MHzで500Wの高周波電力を印加した。また、ウェハWの有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜には、内径が0.4μmと1.0μmのコンタクトホールを形成し、それら各コンタクトホール形成時のエッティングレートの平均値を図2に示した。

【0024】その結果、同図に示すように、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>との流量比(H<sub>2</sub>/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>))を20%~90%に設定すると、該エッティングレートが200 (nm/分)以上となり、良好な結果を得た。さらに、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>との流量比(H<sub>2</sub>/(N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>))を50%~80%に設定すると、該エッティングレートが250 (nm/分)以上となり、さらに良好な結果を得た。

【0025】(B) 実施例2 (Arの流量変化)

40 次に、図3を参照しながら、処理ガスを構成するArの流量を変化させた場合の実施例2(a)および実施例2(b)について説明する。本実施例2(a)および実施例2(b)は、次の表に示す条件に基づいてエッティング処理を行い、上述したウェハWの層間絶縁膜に内径が0.3μmのコンタクトホールを形成した。

【0026】

【表1】

| 実施例   | 処理ガス流量<br>(sccm) |    |     | 処理室内的<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W) |      | ウェハ温度<br>(°C) | エッキングレート<br>(nm/分) |     | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|-------|------------------|----|-----|----------------------------|--------------|------|---------------|--------------------|-----|-----------------------|
|       | N <sub>2</sub>   | He | Ar  |                            | コイル          | 下部電極 |               | 中央部                | 端部  |                       |
| 2 (a) | 25               | 25 | 50  | 20                         | 1500         | 500  | -30           | 578                | 526 | 図3(a)                 |
| 2 (b) | 25               | 25 | 200 | 20                         | 1500         | 500  | -30           | 480                | 468 | 図3(b)                 |

【0027】その結果、実施例2 (a) では、同表に示すように、高エッキングレートで処理を施すことができ、かつ図3 (a) に示すように所定形状のコンタクトホールを形成することができた。これに対して、実施例2 (b) では、同表に示すように、エッキングレートが低下し、図3 (b) に示すように、コンタクトホールにアンダカットやボーリングが生じた。

【0028】(C) 実施例3および実施例4 (高周波電力の変化)

次に、図4～図7を参照しながら、コイル154と下部\*

\* 電極106に印加する高周波電力の電力を変化させた場合の実施例3 (a) ～実施例3 (e) と、実施例4 (a) ～実施例4 (e) について説明する。まず、図4および図5を参照しながら実施例3について説明する

20 と、本実施例3 (a) ～実施例3 (e) は、次の表に示す条件に基づいてエッティング処理を行い、上述したウェハWの層間絶縁膜に内径が0.3 μmのコンタクトホールを形成した。

【0029】

【表2】

| 実施例   | 処理ガス流量<br>(sccm) |    |    | 処理室内的<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W) |      | ウェハ温度<br>(°C) | エッキングレート<br>(nm/分) | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|-------|------------------|----|----|----------------------------|--------------|------|---------------|--------------------|-----------------------|
|       | N <sub>2</sub>   | He | Ar |                            | コイル          | 下部電極 |               |                    |                       |
| 3 (a) | 25               | 25 | 50 | 5                          | 1500         | 500  | -30           | 508                | 図4(a)                 |
| 3 (b) | 25               | 25 | 50 | 5                          | 2500         | 100  | -30           | 182                | 図4(b)                 |
| 3 (c) | 25               | 25 | 50 | 5                          | 2500         | 1000 | -30           | 700                | 図4(c)                 |
| 3 (d) | 25               | 25 | 50 | 5                          | 500          | 100  | -30           | 183                | 図5(d)                 |
| 3 (e) | 25               | 25 | 50 | 5                          | 500          | 500  | -30           | 274                | 図5(e)                 |

【0030】その結果、実施例3 (a) では、同表および図4 (a) に示すように、高エッキングレートで所定形状のコンタクトホールを形成することができたが、これに対して、実施例3 (b) ～実施例3 (e) では、同表および図4 (b) ～図5 (e) に示すように、エッキングレートが低下したり、あるいはコンタクトホールにアンダカットやボーリングが生じた。

※ 【0031】次に、図6および図7を参照しながら実施例4について説明すると、本実施例4 (a) ～実施例4 (e) は、次の表に示す条件に基づいてエッティング処理を行い、ウェハWの層間絶縁膜に上記実施例3とは異なり、内径が0.6 μmのコンタクトホールを形成した。

【0032】

【表3】

| 実施例  | 処理ガス流量<br>(sccm) |                |                | 処理室内的<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W) |      | ウェハ温度<br>(°C) | エッキングレート<br>(nm/分) | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|------|------------------|----------------|----------------|----------------------------|--------------|------|---------------|--------------------|-----------------------|
|      | N <sub>2</sub>   | H <sub>2</sub> | A <sub>r</sub> |                            | コイル          | 下部電極 |               |                    |                       |
| 4(a) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 1500         | 500  | -30           | 571                | 図 6(a)                |
| 4(b) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 2500         | 100  | -30           | 247                | 図 6(b)                |
| 4(c) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 2500         | 1000 | -30           | 873                | 図 6(c)                |
| 4(d) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 500          | 100  | -30           | 219                | 図 7(d)                |
| 4(e) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 500          | 500  | -30           | 286                | 図 7(e)                |

【0033】その結果、上記実施例3(a)と略同一の電力で処理を施した実施例4(a)では、同表および図4(a)に示すように、高エッキングレートで所定形状のコンタクトホールを形成することができたが、これに対して、実施例4(b)～実施例4(e)では、同表および図6(b)～図7(e)に示すように、エッキングレートが低下したり、あるいはコンタクトホールにアンダカットやボーリングが生じた。

#### 【0034】(D) 実施例5 (処理室内的圧力雰囲気)\*

\* 变化)

20 次に、図8を参照しながら、処理室102内の圧力雰囲気を変化させた場合の実施例5(a)～実施例5(c)について説明する。本実施例5(a)～実施例5(c)は、次の表に示す条件に基づいてエッキング処理を行い、上述したウェハWの層間絶縁膜に内径が0.3μmのコンタクトホールを形成した。

#### 【0035】

【表4】

| 実施例  | 処理ガス流量<br>(sccm) |                |                | 処理室内的<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W) |      | ウェハ温度<br>(°C) | エッキングレート<br>(nm/分) | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|------|------------------|----------------|----------------|----------------------------|--------------|------|---------------|--------------------|-----------------------|
|      | N <sub>2</sub>   | H <sub>2</sub> | A <sub>r</sub> |                            | コイル          | 下部電極 |               |                    |                       |
| 5(a) | 25               | 25             | 50             | 5                          | 1500         | 500  | -30           | 509                | 489                   |
| 5(b) | 25               | 25             | 50             | 20                         | 1500         | 500  | -30           | 578                | 526                   |
| 5(c) | 25               | 25             | 50             | 40                         | 1500         | 500  | -30           | 482                | 470                   |

【0036】その結果、実施例5(a)では、同表および図8(a)に示すように、高エッキングレートで所定形状のコンタクトホールを形成することができた。これに対して、実施例5(b)～実施例5(c)では、同表および図8(b)、(c)に示すように、エッキングレートが低下し、コンタクトホールにアンダカットやボーリングが生じた。

【0037】(E) 実施例6 (ウェハの温度と高周波電力と処理室内的圧力雰囲気の変化)

※次に、図9～図11を参照しながら、ウェハWの温度と、コイル154と下部電極106に印加する高周波電力と、処理室102内の圧力雰囲気を変化させた場合の実施例6(a)～実施例6(f)について説明する。本実施例6(a)～実施例6(f)は、次の表に示す条件に基づいてエッキング処理を行い、上述したウェハWの層間絶縁膜に内径が0.3μmのコンタクトホールを形成した。

※50 【0038】

11

12

【表5】

| 実施例  | 処理ガス流量<br>(scm) |                |                | 処理室の<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W) |      | ウェハ温度<br>(°C) | エッキングレート<br>(nm/分) |     | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------|--------------|------|---------------|--------------------|-----|-----------------------|
|      | N <sub>2</sub>  | H <sub>2</sub> | A <sub>r</sub> |                           | コイル          | 下部電極 |               | 中央部                | 端部  |                       |
| 6(a) | 25              | 25             | 50             | 5                         | 600          | 100  | -30           | 183                | 178 | 図9(a)                 |
| 6(b) | 25              | 25             | 50             | 5                         | 500          | 100  | 30            | 157                | 149 | 図9(b)                 |
| 6(c) | 25              | 25             | 50             | 5                         | 1500         | 500  | -30           | 509                | 489 | 図10(c)                |
| 6(d) | 25              | 25             | 50             | 5                         | 1500         | 500  | 30            | 443                | 414 | 図10(d)                |
| 6(e) | 25              | 25             | 50             | 20                        | 1500         | 500  | -30           | 578                | 526 | 図11(e)                |
| 6(f) | 25              | 25             | 50             | 20                        | 1500         | 600  | 30            | 470                | 433 | 図11(f)                |

【0039】その結果、図9(a)～図11(f)に示すように、ウェハWの温度を上昇させると、コイル154と下部電極106に印加する高周波電力や、処理室102内の圧力雰囲気を変化させた場合でも、エッチングの異方性を高めることができた。

【0040】(F) 実施例7(層間絶縁膜の構成材料の変化)

次に、図12～図14を参照しながら、後述するエッチング装置200で異なる有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜にエッチング処理を施した場合の実施例7

(a)～実施例7(d)について説明する。まず、図12を参照しながら、エッチング装置200の構成について説明する。同図に示すエッチング装置200の処理容器202内には、処理室204が形成されており、この処理室204内には、上下動自在なサセプタを構成する下部電極206が配置されている。下部電極206の上部には、高圧直流電源208に接続された静電チャック210が設けられており、この静電チャック210の上面にウェハWが載置される。さらに、下部電極206上に載置されたウェハWの周囲には、絶縁性のフォーカスリング212が配置されている。また、下部電極206の周囲には、絶縁体214を介して多数の貫通孔216aを備えた導電性のバッフル板216が設けられている。さらに、バッフル板216は、例えばステンレス製のペローズ218を介して、接地された処理容器202と電気的に導通している。また、下部電極206には、整合器220を介してプラズマ生成用高周波電力を出力する高周波電源222が接続されている。

\* 【0041】また、下部電極206の載置面と対向する処理室204の天井部には、多数のガス吐出孔224aを備えた上部電極224が配置されており、図示の例では、上部電極224は、処理容器202の一部を成している。また、ガス吐出孔224aには、上記エッチング装置100と同様に、ガス供給管126が接続されている。さらに、ガス供給管126には、上記エッチング装置100と同様に、N<sub>2</sub>を供給するガス供給源132と、H<sub>2</sub>を供給するガス供給源138が接続されていると共に、さらにバルブ226および流量調整バルブ228を介してO<sub>2</sub>を供給するガス供給源230と、バルブ232および流量調整バルブ234を介してCH<sub>4</sub>F<sub>2</sub>を供給するガス供給源236が各々接続されている。なお、上記各ガスは、各処理プロセスに応じて適宜供給される。

【0042】また、処理容器202の下方には、上記エッチング装置100と同様に、排気管146が接続されている。さらに、処理室204の外部には、処理容器202の外部側壁を囲うように磁石238が配置されており、この磁石238によって上部電極224と下部電極206との間のプラズマ領域に回転磁界が形成される。

【0043】そして、当該実施例7(a)～実施例7(d)は、次の表に示す条件に基づいてエッチング処理を行い、ウェハWの層間絶縁膜に、実施例7(a)および実施例7(b)では内径が0.25μm、実施例7(c)では0.3μm、実施例7(d)では0.26μmのコンタクトホールを形成した。なお、同表中、上記CとFとを含有する樹脂は、C, F含有樹脂とする。

【0044】

\* \* 【表6】

| 実施例  | 有機系<br>低誘電率<br>材料<br>(層間絶縁膜) | 処理ガス流量<br>(sccm) |                |                |                                | 処理室内の<br>圧力雰囲気<br>(m Torr) | 高周波電力<br>(W)<br>(下部電極) | ウェハ温度<br>(°C) | コンタクト<br>ホール<br>の断面形状 |
|------|------------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|
|      |                              | N <sub>2</sub>   | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> |                            |                        |               |                       |
| 7(a) | F-PAE                        | 200              | 200            | 0              | 0                              | 70                         | 1000                   | -10           | 図13(a)                |
| 7(b) | BCB                          | 200              | 200            | 10             | 2                              | 70                         | 1000                   | -10           | 図13(b)                |
| 7(c) | C, F含有樹脂                     | 200              | 200            | 0              | 0                              | 70                         | 1000                   | 20            | 図14(c)                |
| 7(d) | SILK                         | 100              | 300            | 0              | 0                              | 70                         | 1000                   | -10           | 図14(d)                |

【0045】その結果、実施例7(a)と実施例7(c)と実施例7(d)では、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>との混合ガスでエッチングすることにより、図13(a)と図13(c)と図13(d)に示すように、アンダカットやボーリングが生じることなく、所定形状のコンタクトホールを形成することができた。また、実施例7(b)では、上記混合ガスに、さらにO<sub>2</sub>とCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を添加してエッチングすることにより、図13(b)に示すように、上記所定形状のコンタクトホールを形成することができた。これは、層間絶縁膜を構成するBCB中にSi-O結合が存在するため、上記混合ガスにO<sub>2</sub>とCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を添加したことにより、エッチング特性が改善されたためと考えられる。

【0046】以上、本発明の好適な実施の一形態および実施例について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例および修正例に想到し得るものであり、それら変更例および修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0047】例えば、上記実施の形態において、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArの混合ガスを処理ガスとして採用した構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、例えばN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>のみの混合ガスや、あるいは上記N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>とArの混合ガスにさらにO<sub>2</sub>や不活性ガスなどの各種ガスを添加しても、本発明を実施することができる。すなわち、処理ガス中に少なくとも窒素原子含有気体と水素原子含有気体が含まれていれば、本発明を実施することができる。

【0048】また、上記実施の形態において、ポリシリコ

※コン膜層上有機系低誘電率材料膜層が直接形成されたウェハを例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、例えば上記ポリシリコン膜層と有機系低誘電率材料膜層との間に、Cu膜層が介装されたウェハにエッチング処理を施す場合にも、本発明を適用することができる。すなわち、本発明にかかる処理ガスを採用すれば、該処理ガスにO<sub>2</sub>を添加しなくても、所定のエッチング処理を行うことができるので、処理時に上記Cu膜層が酸化することを防止できる。その結果、Cu膜層上に酸化防止膜を形成する必要がなく、被処理体の厚みを相対的に薄くすることができる。

【0049】また、上記実施の形態および実施例において、静電シールドを設けた誘導結合型のエッチング装置と、処理室内に磁界を形成するエッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、平行平板型エッチング装置や、マイクロ波型エッチング装置などの各種プラズマエッチング装置にも、本発明を適用することができる。

【0050】さらに、上記実施の形態において、ウェハに形成された有機系低誘電率材料から成る層間絶縁膜にコンタクトホールを形成する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、被処理体に形成された層間絶縁膜にいかなるエッチング処理を施す場合にも適用することができる。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、被処理体に形成された有機系低誘電率材料膜層に対して、高マスク選択比で、異方性の高いエッチング処理を施すことができるため、形状制御を容易に行うことができる。また、従来の処理ガスを用いた場合と略同一エッチングレートで処理を施

15

すことができる。さらに、本発明を各種プラズマ処理装置に適用しても、良好なエッティング特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能なエッティング装置を示す概略的な断面図である。

【図2】本発明の実施例1を説明するための概略的な説明図である。

【図3】本発明の実施例2を説明するための概略的な説明図である。

【図4】本発明の実施例3を説明するための概略的な説明図である。

【図5】本発明の実施例4を説明するための概略的な説明図である。

【図6】本発明の実施例4を説明するための概略的な説明図である。

【図7】本発明の実施例4を説明するための概略的な説明図である。

【図8】本発明の実施例5を説明するための概略的な説明図である。

【図9】本発明の実施例6を説明するための概略的な説明図である。

16

【図10】本発明の実施例6を説明するための概略的な説明図である。

【図11】本発明の実施例6を説明するための概略的な説明図である。

【図12】本発明を適用可能な他のエッティング装置を示す概略的な断面図である。

【図13】本発明の実施例7を説明するための概略的な説明図である。

10 【図14】本発明の実施例7を説明するための概略的な説明図である。

【符号の説明】

100 エッティング装置

102 処理室

106 下部電極

120, 150 高周波電源

122 ガス供給部

122a ガス吐出孔

130, 136, 142 流量調整バルブ

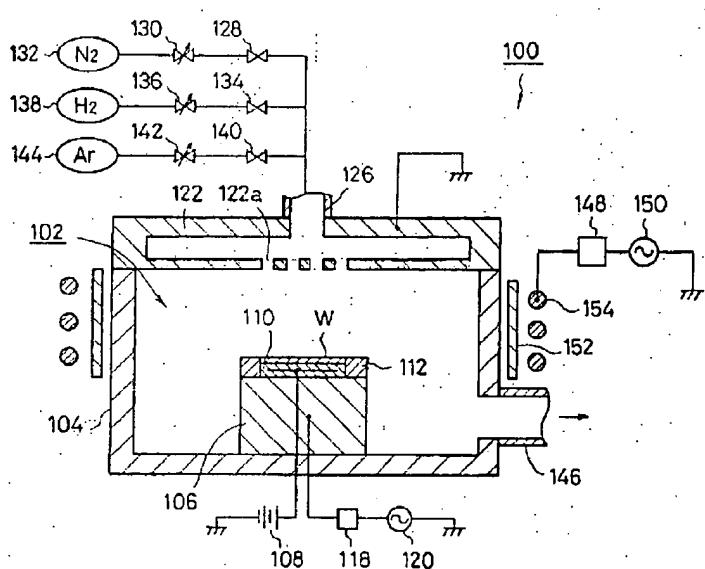
132, 138, 144 ガス供給源

20 152 静電シールド

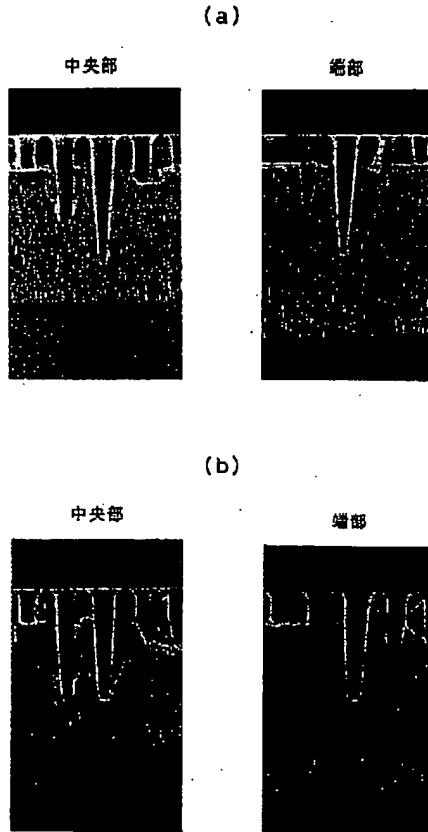
154 コイル

W ウェハ

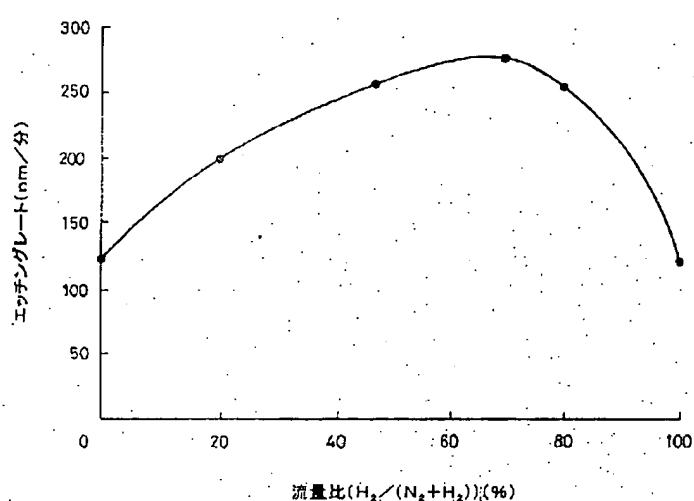
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】



(a)



(d)



(b)

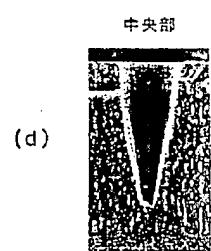


(e)



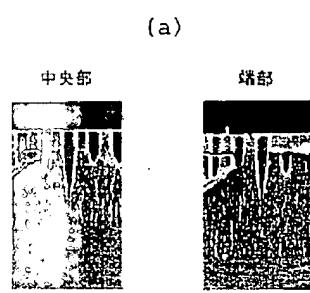
(c)

【図7】



(d)

【図9】



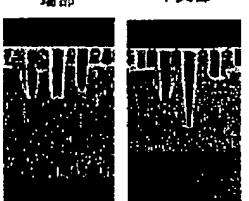
(a)

【図10】



(c)

【図11】



(d)

(e)



(e)



(b)

(f)



(e)

(d)

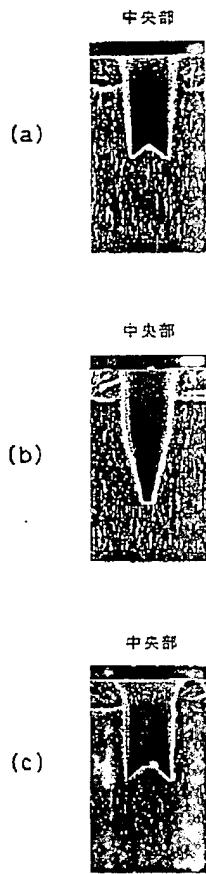


(f)

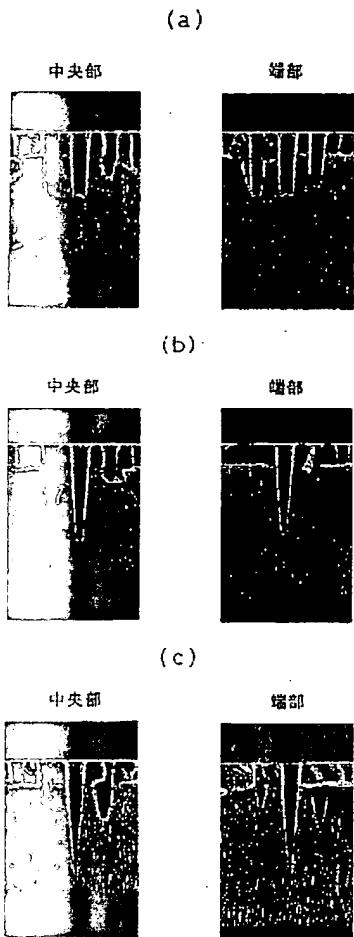


(g)

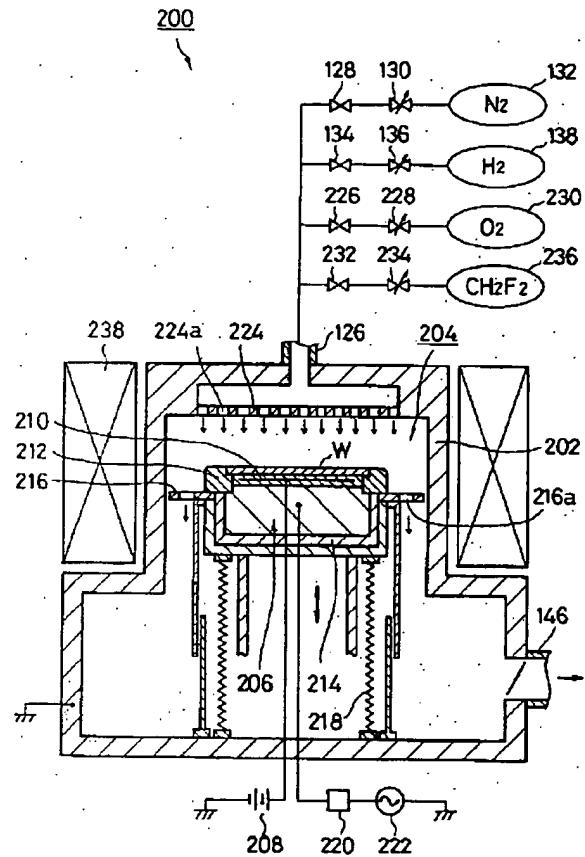
【図6】



【図8】

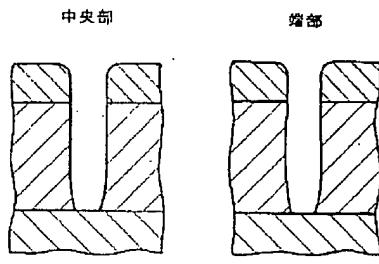


【図12】



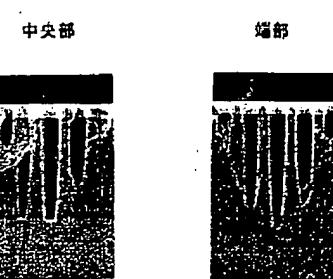
【図13】

(a)

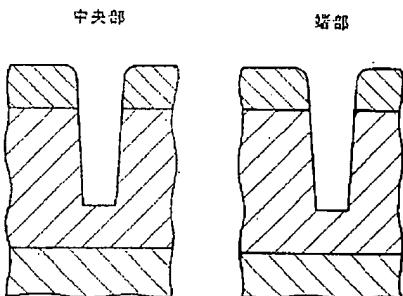


【図14】

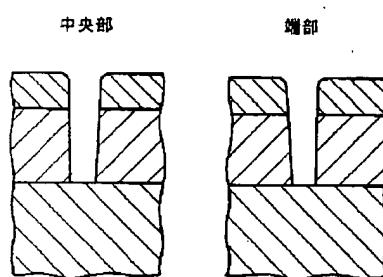
(c)



(b)



(d)



フロントページの続き

(72)発明者 萩原 正明

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 稲沢 剛一郎

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内F ターム(参考) 5F004 AA05 BA13 BA20 BB08 BB13  
BB22 BB25 BC03 CA02 DA00  
DA15 DA23 DA24 DA25 DA26  
DB23 EB01 EB03